Schnee, Gletscher und Permafrost 2017/18

Kryosphärenbericht für die Schweizer Alpen

Nach gewaltigen Schneemengen im Januar 2018 führte ein rekordwarmer Sommer einmal mehr zu sehr starken Verlusten bei den Gletschern. Die Häufung von Jahren mit extremer Schmelze lässt kleine Gletscher zusehends zerfallen. Nach einer kurzen Pause aufgrund der schneearmen Frühwinter 2015 und 2016 steigen die Permafrosttemperaturen wieder an.

Text: Matthias Huss, Christoph Marty, Andreas Bauder und Jeannette Nötzli

Witterung und Schnee

Nach zwei mageren Jahren herrschte 2017/18 zumindest in den Bergen ein «richtiger» Winter. Über das ganze Winterhalbjahr (November–April) betrachtet erlebten die Alpen oberhalb von 1500 Metern sogar den schneereichsten Winter der vergangenen 30 Jahre. Unterhalb von 1000 Metern lag hingegen nur knapp halb so viel Schnee wie üblich.
Mit einem frühen Winterstart Anfang November und überdurchschnittlichen Schneefällen im Dezember war der Grundstein für einen aus touristischer Sicht grossartigen Winter gelegt. In den tiefen Lagen des Zentralwallis fielen am 11. Dezember aussergewöhnliche Schneemengen, wobei die MeteoSchweiz-Station Sion (480 m) mit 60 Zentimetern Neuschnee innert 24 Stunden einen neuen Rekordwert registrierte. Ende Jahr lag im Alpenraum im Gegensatz zu den letzten zwei schneearmen Frühwintern rund das Anderthalbfache der normalen Schneemenge.
Der Januar war aussergewöhnlich niederschlagsreich und gleichzeitig der wärmste seit Messbeginn. Im Mittelland war er sogar rund 1 °C wärmer als der März. Dies führte einerseits zum Wegschmelzen des Schnees in tiefen Lagen und andererseits annähernd im ganzen Schweizer Alpenraum zu extremen Schneemengen in mittleren und hohen Lagen (Abb. 1). Viele Stationen in Graubünden und im Wallis registrierten zweieinhalb- bis dreieinhalbmal so viel Neuschnee wie in einem normalen Januar. Die langjährigen Stationen Saas-Fee und Zermatt zeichneten die höchsten Januar-Neu-

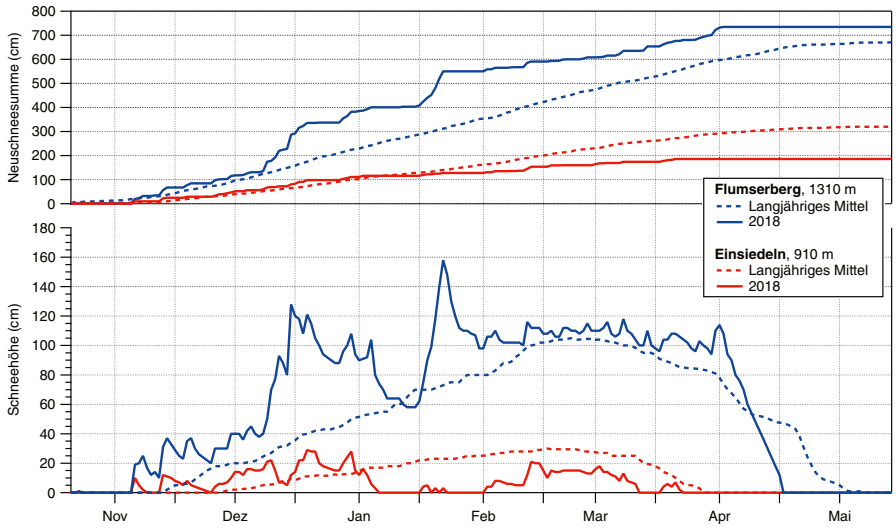


Abb. 1: Kumulierte Neuschneesumme und Schneehöhenverlauf im Winter 2017/18 an zwei Stationen am östlichen Alpennordhang im Vergleich zum langjährigen Mittel: Das rund 900 Meter hoch gelegene Einsiedeln erlebte im Januar praktisch nur Regen, der die dünne Schneedecke wieder vollständig wegschmolz. Im nur 400 Meter höher gelegenen Flumserberg wurde dagegen ab Mitte Januar ein Schneehöhenzuwachs von einem Meter gemessen, und bis zum raschen Abschmelzen im April war die Schneedecke dort überdurchschnittlich dick. Grafik: SLF

schneesummen seit Messbeginn vor mehr als 70 Jahren auf. In der zweiten Januarhälfte erreichte die Schneehöhe an vielen Stationen neue Rekordwerte für das jeweilige Datum. In Nordbünden und im Wallis war das zugleich die grösste Schneehöhe des gesamten Winters.
Der Februar war kälter und trockener als üblich. Auch der März war kühl, aber teilweise niederschlagsreich, sodass der Süden und die Zentralschweiz nochmals bedeutende Schneemengen erhielten. Die Schneehöhen waren darum auch Ende März vielerorts immer noch eineinhalb- bis zweieinhalbmal so hoch wie üblich. Der April war ausserordentlich warm, auf dem Jungfraujoch war es gar der wärmste seit Beginn der Messungen von MeteoSchweiz im Jahr 1933. Dies führte auch in Lagen zwischen 2000 und 3000 Metern zu einer schnellen Abnahme der Schneehöhe um rund einen Meter.

Warmer Frühsommer lässt Schnee schmelzen

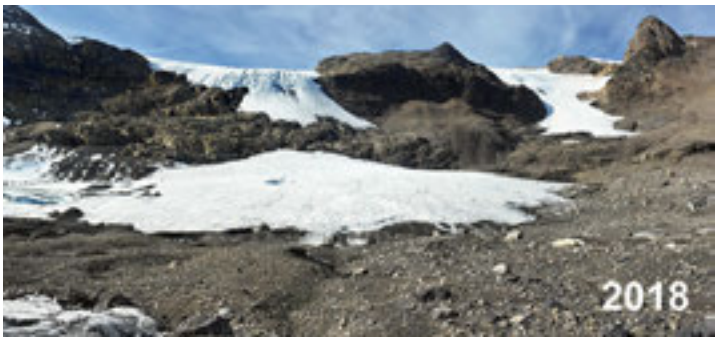
Auch der Mai und die folgenden Sommermonate zeigten sich extrem warm, sodass für die sechs Monate von April bis September eine neue Rekordtemperatur erreicht wurde. All diese Monate waren zudem sehr trocken. Die riesigen Winterschneemengen schmolzen überall ausser im südlichen Wallis wieder auf normale Werte zurück. Die Trockenheit führte dazu, dass es auf den Gletschern nur selten und sehr wenig Neuschnee gab. Exemplarisch zeigen dies die Messungen im Versuchsfeld Weissfluhjoch (2540 m), wo zwischen dem 17. Mai und dem 4. September kein einziges Mal mehr als ein Zentimeter Neuschnee registriert wurde – so wenig wie nie seit Messbeginn vor 81 Jahren. An 87% aller Sommertage sank die Temperatur auch auf dieser Höhe nie unter die Nullgradgrenze.

Gletscher

Jahr der Extreme für die Gletscher

Gewinne und Verluste der Gletscher werden hauptsächlich durch die Unterschiede im Winterniederschlag und in der Sommertemperatur vorgegeben. Noch im Mai konnte man dank den Schneemengen auf ein gutes Jahr für die Gletscher

Eine riesige Gletschermühle auf dem Glacier de la Plaine Morte / BE, durch die sich Ende Juli 2018 der Faverges-Gletschersee ergossen hat. Foto: Matthias Huss



Rückgang der Zunge des Wildstrubelgletschers/VS zwischen 2013 und 2018 mit neuem Gletscherende im Hintergrund. Foto: Amt für Wald / BE, C. von Grünigen, A. Meier

hoffen. Mit der schnellen Ausaperung und der anhaltenden warmen und trockenen Witterung im Sommer bis weit in den Herbst hinein wendete sich das Blatt aber schnell. Die Bedingungen in der Messperiode 2017/18 waren für die Gletscher in den Schweizer Alpen deshalb insgesamt sehr ungünstig.
Zwischen Herbst 2017 und Herbst 2018 wurde die Massenbilanz auf 20 Schweizer Gletschern gemessen und an rund 100 Gletscherzungen die Längenänderung ermittelt. Die Massenbilanz wird durch Messungen der Schneemenge Ende Winter und der Schmelze während des Sommers bestimmt. Aus der Veränderung der Position der Gletscherzunge wird die Längenänderung abgeleitet. Trotz Aprilschneemengen von bis zu 70% über dem Mittel aperten die Gletscher gleich früh aus wie in den vorangegangenen Jahren. Viele waren bereits im August komplett schneefrei, und bis Ende September schmolzen enorme Eismassen.

Eisvolumen: in zehn Jahren ein Fünftel weniger

Die Massenbilanz fiel für alle untersuchten Gletscher sehr negativ aus. Die grössten Eisdickenverluste mit durchschnittlich über zwei Metern zeigten Gletscher in den westlichen Berner Alpen und im Nufenengebiet (Glacier de la Plaine Morte, Glacier de Tsanfleuron, Griesgletscher). Mit etwas weniger als einem Meter wiesen die Gletscher im südlichen Wallis (Findelgletscher, Glacier du Giétro) die geringsten Einbussen auf. Hochgerechnet auf alle Schweizer Gletscher wird ein Eisvolumenverlust von 1,4 Kubikkilometern geschätzt. Dies entspricht einer Reduktion des aktuell vorhandenen Eisvolumens um rund 2,5%. Über die letzten zehn Jahre aufsummiert haben die Schweizer Gletscher damit nahezu einen Fünftel ihres Volumens verloren. Gleichmässig über die gesamte Landesfläche verteilt, ergäbe dies eine Wasserschicht von 25 Zentimetern Höhe. Im Vergleich der Jahre mit den grössten Verlusten ist der Sommer 2018 etwa gleichauf mit 2017 und 2015, rangiert jedoch immer noch deutlich hinter dem Extremsommer 2003 (Abb. 2). Dies kann primär auf den Effekt des vielen Winterschnees zurückgeführt werden.

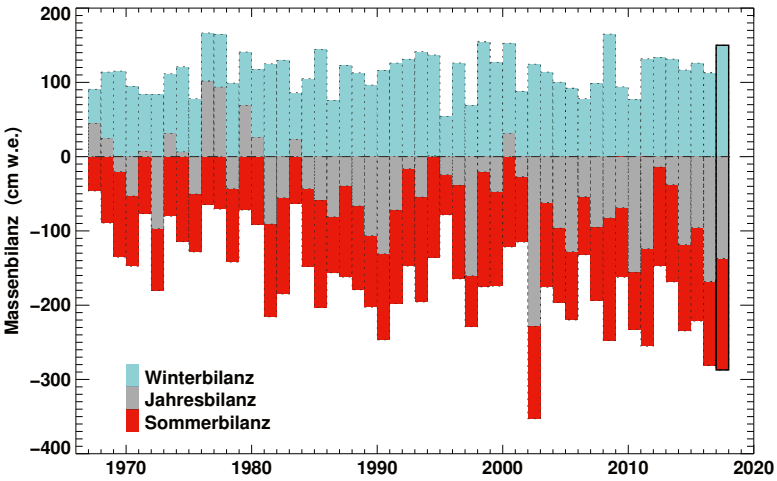


Abb. 2:
Entwicklung der Winter-, Sommer- und Jahresmassenbilanz der letzten 50 Jahre. Dargestellt ist der Mittelwert der Gletscher mit den längsten Messreihen (Allalin, Giétro, Gries und Silvretta) in Zentimetern Wasseräquivalent. In der Messperiode 2017/18 zeigt sich deutlich die überdurchschnittliche Schneemenge im Winter (blau) und die starke Schmelze im Sommer (rot). Grafik: GLAMOS

Die Gletscherzungen ziehen sich weiter zurück

Im Unterschied zur Massenbilanz widerspiegelt die Längenänderung weniger die Bedingungen im Einzeljahr als eine Veränderung der klimatischen Verhältnisse über einen längeren Zeitraum. Diese wirkt sich je nach Grösse des Gletschers mit unterschiedlicher Verzögerung auf das Zungenende aus. Mit nur fünf Ausnahmen (unveränderte Zungenposition) haben alle untersuchten Gletscher weiter an Länge eingebüsst. Ein extremer Rückgang der Gletscherzunge von 650 Metern wurde am Wildstrubelgletscher/VS gemessen, dessen flache Zunge sich über die letzten Jahre bereits stark ausgedünnt hatte und im vergangenen Sommer schliesslich in einzelne Teile zerfallen ist. Bei fünf weiteren Gletschern (Bruneggletscher/VS, Vadret dal Cambrena/GR, Turtmanngletscher/VS, Glatscher da Lavaz/GR, Scalettagletscher/GR) wurden grosse Schwundbeträge zwischen 100 und 140 Metern ermittelt. Auch hier hat sich diese Entwicklung bereits in den letzten Jahren abgezeichnet, da Eisnachschub aus dem vielfach nicht mehr vorhandenen Nährgebiet ausgeblieben ist.
Zahlenmässig dominieren sehr kleine Gletscher in den Schweizer Alpen. Viele von ihnen zerfallen zusehends, und das

verbleibende Eis ist immer stärker von losem Schutt aus instabilen Felsflanken bedeckt. Diese Prozesse haben auch einen direkten Einfluss auf alpine Routen und Hochtouren.

Permafrost

Neue Tiefenrekorde bei der Auftauschicht

Die kurze Unterbrechung bei der Erwärmung des alpinen Permafrosts in Schutthalden und Blockgletschern ist vorbei, und der dauernd gefrorene Untergrund in den Schweizer Alpen hat sich im Jahr 2017/18 von der Oberfläche her wieder erwärmt. Die Abkühlung der letzten ein bis zwei Jahre war die Folge von je nach Standort ein bis zwei schneearmen Wintern: Wegen der im Spätherbst und im Frühwinter fehlenden Schneedecke und der tiefen Lufttemperaturen konnte der Boden bis in grössere Tiefen auskühlen. Mit dem extrem warmen Sommerhalbjahr 2018 wurde der Erwärmungstrend aber wieder aufgenommen.

Die schnelle Schmelze der grossen Schneemengen im Frühjahr 2018 führte dazu, dass die Schutthalden und Blockgletscher in den Permafrostgebieten früh den hohen Lufttemperaturen und der Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren. Die Bodenoberflächentemperaturen lagen zwischen Oktober 2017 und Juni 2018 bei den üblichen Werten, übertrafen dann aber wegen der Hitze und der starken Einstrahlung die Norm von Juli bis September deutlich (Abb. 3). An fünf Bohrlochstandorten des Permafrostmessnetzes wurden denn auch neue Rekordwerte bei der Auftauschicht – also der obersten Schicht des Permafrosts, die jeden Sommer auftaut – gemessen. In der bereits über 30-jährigen Zeitreihe des Blockgletschers Murtèl-Corvatsch/GR (Abb. 4) war sie zum Beispiel 4,5 Meter tief. Und auf dem Stockhorn bei Zermatt/VS erreichte sie eine Tiefe von 4,8 Metern, einen

Spezielle Ereignisse

Lawinensituation im Januar 2018

Der Januar 2018 war extrem warm und niederschlagsreich. Während der Regen in tiefen Lagen teilweise zu Hangrutschungen und Überschwemmungen führte, brachten die anhaltenden Schneefälle in hohen Lagen enorme Schneemengen. Am 22. Januar wurde darum erstmals seit 1999 grossflächig vor «sehr grosser» Lawinengefahr (höchste Gefahrenstufe) gewarnt. Insgesamt wurden während der 25-tägigen Niederschlagsperiode vom 30. Dezember bis zum 23. Januar in Teilen des Wallis und im Gotthardmassiv oberhalb 2000 Metern bis zu sechs Meter Neuschnee gemessen. In der Folge gingen viele sehr grosse Lawinen nieder, die oft in den Bereich von Strassen und Siedlungen vorstiessen und in Einzelfällen Siedlungen nur knapp verfehlten. Da es in tiefen Lagen regnete und die Schneedecke feucht war, waren die Ausläufe der grossen Lawinen aber vielerorts nicht aussergewöhnlich lang. Diese Tatsache, die vielen Schutzbauten und die präventiven Massnahmen der lokalen Sicherheitsverantwortlichen (z. B. Schliessung von Verkehrswegen) führten dazu, dass die Schäden relativ gering waren. Insgesamt wurden im Januar 141 Lawinen registriert, die Schäden an Gebäuden, Verkehrswegen, Fahrzeugen, Stromleitungen, Transportanlagen und Wald oder Flur verursachten. Menschen kamen keine zu Schaden. Ein detaillierter Bericht über die Schneesituation, die Lawinen, die Schäden und die Erkenntnisse daraus ist beim SLF verfügbar: www.slf.ch/ereignisanalyse_lawinen_2018.

Sehr grosse Lawine bei Peuty, Trient/VS, am 26. Januar 2018.
Foto: Jean-Luc Lugon

Ausbruch des Faverges-Gletschersees

Seit 2011 werden jährlich Ausbrüche des Faverges-Gletschersees auf der Plaine Morte an der Grenze zwischen Bern und Wallis beobachtet. Der See liegt am Rand des Gletschers und wird durch das Eis aufgestaut. Die Kanäle im und unter dem Gletscher verschliessen sich im Winterhalbjahr durch den Eisdruck, und das Schmelzwasser kann sich ansammeln. Im Sommer öffnen sich die Kanäle plötzlich, der Gletschersee entleert sich während weniger Tage vollständig, und das Wasser fliesst ins Simmental. Während die Ereignisse vor 2018 nur zu kleinräumigen Überflutungen geführt haben, verursachte der Seeausbruch von 2018 in der Gemeinde Lenk Schäden in Millionenhöhe. Das Volumen des Faverges-Sees ist in den letzten Jahren deutlich angewachsen, da das Becken durch den Gletscherrückgang immer grösser wird. Die Maximalabflüsse unmittelbar aus dem See lagen zwischen 2012 und 2015 bei 10 bis 20 Kubikmetern pro Sekunde. 2016 und 2017 wurden deutlich höhere Werte beobachtet, und am Abend des 27. Juli 2018 flossen rund 80 Kubikmeter pro Sekunde über einen Zeitraum von mehreren Stunden aus dem Gletschersee. Diese Abflussspitze wurde auf dem Weg durch den Gletscher noch etwas gedrosselt, lag aber bei der Messstation in Oberried (Simme) immer noch im Bereich des 100- bis 300-jährlichen Hochwassers.

Blockgletscherstirn im Ritigraben / St. Niklaus VS am 2. und am 3. Juli 2018: Nach Gewitterregen und Hagel brachen circa 7000 Kubikmeter Lockermaterial am Blockgletscher aus und flossen als grosser Murgang bis ins Tal hinunter. Rechts kam Permafrosteis im Anriss zum Vorschein. Foto: SLF (automatische Kamera)

halben Meter mehr als der bisherige Rekordwert aus dem Hitzesommer 2003. An den übrigen Standorten lag die Tiefe der Auftauschicht nur wenig unter den bisherigen Rekorden.

Die sehr warmen Bedingungen in den obersten Metern wurden durch Messungen von elektrischen Widerständen im Boden bestätigt. Diese erfolgen entlang eines fest installierten Profils in unmittelbarer Nähe von mehreren Bohrlöchern. Nehmen die elektrischen Widerstände von Jahr zu Jahr ab, deutet dies auf einen zunehmenden Anteil von flüssigem Wasser im Permafrost hin und damit auf eine fortschreitende Eisschmelze.

Trendwende in der Tiefe steht noch bevor

An Standorten, die im Winter typischerweise eine dicke Schneedecke aufweisen, ist die Abkühlung der vorangehenden Jahre in Tiefen von über zehn Metern noch feststellbar, und die Temperaturen sind noch nicht wieder auf dem Niveau, das vor der Erwärmungspause herrschte. Dies gilt insbesondere für die Blockgletscher in den östlichen Alpen, wo die Abkühlung besonders markant war. Der Grund dafür ist die starke Verzögerung, mit der Änderungen an der Oberfläche in die Tiefe transportiert werden. Die sommerliche Hitze benötigt etwa ein halbes Jahr, um zehn Meter tief in den Boden vorzudringen. Damit werden die Folgen des Hitzesommers 2018 in grösseren Tiefen erst ab dem Winter 2019 feststellbar sein. An Standorten, an denen sich typischerweise keine dicke Schneedecke bildet, beispielsweise in steilen Felswänden, gab es aufgrund der anhaltend überdurchschnittlichen Lufttemperaturen keinen Unterbruch in der Erwärmung. Dort sind die Permafrosttemperaturen wahrscheinlich so hoch wie nie zuvor.

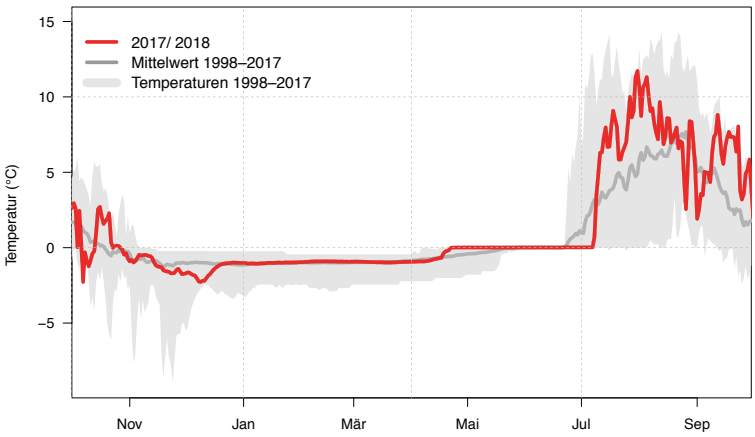


Abb. 3:
Verlauf der Oberflächentemperaturen 2017/18 (rot) an einer Messstelle auf dem Blockgletscher Aget/VS im Vergleich zum Mittelwert (dunkelgrau) und zum Wertebereich (grau schattiert) der gesamten über 20-jährigen Messreihe. Grafik: PERMOS

Blockgletscher nehmen wieder Fahrt auf

Blockgletscher sind talwärts kriechende Schuttmassen, die aus Gesteinsblöcken und Eis bestehen. Sie bewegen sich hauptsächlich gemäss der Entwicklung der Permafrosttemperaturen und werden schneller, wenn diese steigen. 15 Blockgletscher werden jährlich vermessen, um ihre Kriechgeschwindigkeit zu bestimmen. Die Resultate bestätigen das oben beschriebene Bild: Nach der Abnahme der Kriechgeschwindigkeit im vorangehenden Jahr liess sich 2018 eine Stabilisierung oder eine leichte Beschleunigung des Kriechens feststellen.

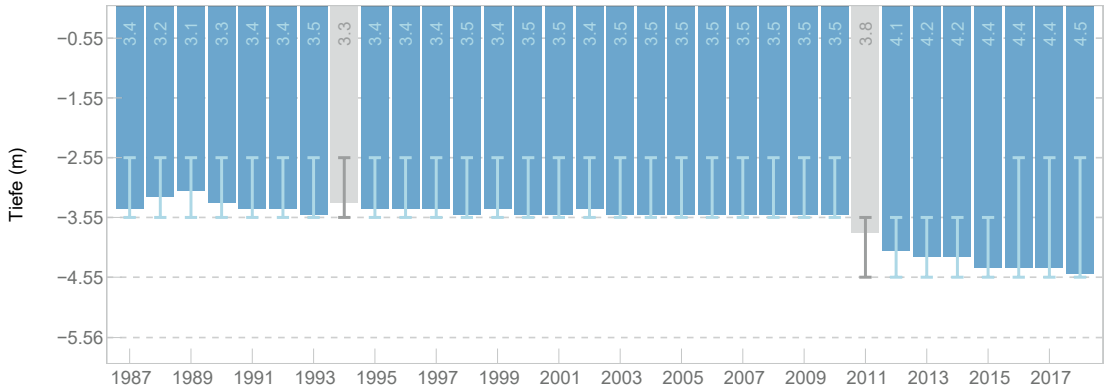


Abb. 4: Maximale Mächtigkeit der Auftauschicht im Blockgletscher Murtèl-Corvatsch/GR von 1987 bis 2018. Zur Berechnung wurden jeweils in zwei Tiefen die Bodentemperaturen gemessen. Die Unsicherheitsbalken zeigen den Bereich zwischen den beiden Messtiefen an. Jahre mit geringerer Datenqualität sind grau dargestellt.
Grafik: PERMOS

Kryosphärenmessnetze Schweiz

Die Beobachtung der Kryosphäre umfasst Schnee, Gletscher und Permafrost (www.cryosphere.swiss). Die Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze (EKK) koordiniert die Beobachtungen und die Messnetze. Die Schnee-, Gletscher- und Permafrostmessungen werden von verschiedenen Bundesämtern, kantonalen Forstämtern, Forschungsinstitutionen des ETH-Bereichs und den Universitäten und Hochschulen erhoben. Sie erfolgen an rund 150 Schneemessstationen (www.slf.ch, www.meteoschweiz.ch). Messungen an etwa 120 Gletschern werden im Rahmen des Schweizer Gletschermessnetzes (GLAMOS) durchgeführt (www.glamos.ch). Das Schweizer Permafrostmessnetz (PERMOS) umfasst rund 30 Standorte mit Temperatur-, Geoelektrik- und/oder Bewegungsmessungen (www.permos.ch).

Der See an der Zunge des Rhonegletschers/VS ist wieder stark angewachsen. Man versucht, die Gletschergrotte durch Abdecken des Eises mit weissem Vlies zu erhalten. Foto: Matthias Huss